



Munich Personal RePEc Archive

# **Modeling the activities of the financial-credit institution with means of system dynamics**

Rumyantsev, Mikhail I.

Zakhidnodonbaskiy Private Institute of Economics and Management

20 October 2008

Online at <https://mpra.ub.uni-muenchen.de/48583/>  
MPRA Paper No. 48583, posted 24 Jul 2013 13:59 UTC

# БЕЛОРУССКИЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

*Ежеквартальный научно-практический журнал*

*Издается с 1997 г.*

**№ 3 (44) • 2008**

*Главный редактор*

**В.Н. Шимов**

## **Редакционная коллегия**

Александрович Я.М., Богданович А.В. (зам. главного редактора), Бондарь А.В., Галов А.Ф., Гусаков В.Г., Друян А.Л. (отв. секретарь), Зайченко Н.П., Каллаур П.В., Киреева Е.Ф., Ковалев М.М., Козловская Л.В., Короленок Г.А., Крюков Л.М., Кунявский А.М. (зам. главного редактора), Лузгин Н.В., Мясникович М.В., Никитенко П.Г., Полещук И.И., Полоник С.С., Ткачев С.П., Томашевич А.В., Тур А.Н., Шимова О.С.

## **Международный совет журнала**

Байер К. (Германия), Геец В.М. (Украина), Глазьев С.Ю. (Россия), Гранберг А.Г. (Россия), Гринберг Р.С. (Россия), Дюбуа П.-Л. (Франция), Каби Ж. (Франция), Карните Р. (Латвия), Колодко Г. (Польша), Коседовский В. (Польша), Прунскене К. (Литва), Тамаш П. (Венгрия), Шмелев Н.П. (Россия), Шреттль В. (Германия)

## **Учредители**

Белорусский государственный экономический университет  
Национальный банк Республики Беларусь  
Министерство экономики Республики Беларусь  
Научно-исследовательский экономический  
институт Министерства экономики Республики Беларусь

Минск

## СОДЕРЖАНИЕ

### **Вопросы теории, стратегии и тактики экономических реформ**

|   |    |
|---|----|
| Гринберг Р.С. Невыученные уроки .....                               | 4  |
| Иванов И.Д. Мировая экономика, в которую интегрируется Россия ..... | 14 |

### **Налоговая политика**

|   |    |
|---|----|
| Киреева Е.Ф. Налоговая реформа: необходимость, основные направления и меры по их реализации ..... | 26 |
|---|----|

### **Проблемы прогнозирования**

|   |    |
|---|----|
| Таболов А.Г. Совершенствование прогнозирования краткосрочной динамики объема промышленного производства Республики Беларусь ..... | 35 |
|---|----|

### **Свободные экономические зоны**

|  |    |
|--|----|
| Малыхин Ю.Г., Костромичева Э.В. Свободные экономические зоны Республики Беларусь: состояние и перспективы развития ..... | 45 |
|--|----|

### **Экономика здравоохранения**

|  |    |
|--|----|
| Карпенко Л.И., Кулак А.Г. Обоснование системы важнейших факторов уровня здоровья населения ..... | 54 |
|--|----|

### **Инвестиционная политика**

|  |    |
|--|----|
| Ярошевич В.И. Иностраннные инвестиции в процессе постсоциалистических преобразований ..... | 64 |
|--|----|

### **Приватизация**

|  |    |
|--|----|
| Жерносек Н.К., Панова Л.И. Потенциал государственных объектов Республики Беларусь для приватизации ..... | 78 |
|--|----|

### **Человеческий капитал**

|  |    |
|--|----|
| Бондарь А.В., Корнеевец И.В. Человеческий капитал: содержание, методология исследования и условия развития ..... | 89 |
|--|----|

### **Экономико-математические методы**

|  |     |
|--|-----|
| Румянцев М.И. Моделирование деятельности финансово-кредитного учреждения средствами системной динамики ..... | 103 |
| Равич Г.С. Подход к определению ценности информации и затрат .....   | 111 |

### **Водные ресурсы**

|  |     |
|--|-----|
| Гуринович А.Д., Бахмат А.Б. Варианты реформирования системы управления водопользованием и водоотведением в Республике Беларусь ..... | 116 |
|--|-----|

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Памяти В.Н. Тамашевича ..... | 134 |
|------------------------------|-----|

|   |     |
|---|-----|
| Новые поступления в библиотеку БГЭУ ..... | 135 |
|---|-----|

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| Статистические материалы ..... | 138 |
|--------------------------------|-----|

|              |     |
|--------------|-----|
| Резюме ..... | 149 |
|--------------|-----|

## CONTENTS

### ***Issues of economic reforms' theory, strategy and tactics***

|  |    |
|--|----|
| Grinberg R.S. Unlearned lessons .....                          | 4  |
| Ivanov I.D. The world economy Russia is integrating into ..... | 14 |

### ***Taxing police***

|   |    |
|---|----|
| Kireeva E.F. Tax reform: necessity, main directions and measures for their implementation ... | 26 |
|---|----|

### ***Problems of forecasting***

|  |    |
|--|----|
| Tabolov A.G. Perfection of forecasting the short-term dynamics of industrial output in the Republic of Belarus ..... | 35 |
|--|----|

### ***Free economic zones***

|  |    |
|--|----|
| Malykhin Yu.G., Kostromicheva E.V. Free economic zones of the Republic of Belarus: state and perspectives of development ..... | 45 |
|--|----|

### ***Economy of public health***

|  |    |
|--|----|
| Karpenko L.I., Kulak A.G. Grounding for the system of most significant factors of the level of the population's health ..... | 54 |
|--|----|

### ***Investment policy***

|   |    |
|---|----|
| Yaroshevich V.I. Foreign investments in the process of post-socialist transformations ..... | 64 |
|---|----|

### ***Privatization***

|  |    |
|--|----|
| Zhernosek N.K., Panova L.I. The potential of Belarus state objects for privatization ..... | 78 |
|--|----|

### ***Human capital***

|  |    |
|--|----|
| Bondar A.V., Korneevets I.V. Human capital: contents, methodology of research and terms of development ..... | 89 |
|--|----|

### ***Economic and mathematic methods***

|   |     |
|---|-----|
| Rumyantsev M.I. Modeling the activities of the financial-credit institution with means of system dynamics ..... | 103 |
| Ravich G.S. An approach to estimate the value of information and costs .....                                    | 111 |

### ***Water resources***

|   |     |
|---|-----|
| Gurinovich A.D., Bakhmat A.B. Variants of reforming the system of managing water using and water allotting in the Republic of Belarus ..... | 116 |
|---|-----|

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| In memory of V.N. Tamashevich ..... | 134 |
|-------------------------------------|-----|

|                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| New entries in the BSEU library ..... | 135 |
|---------------------------------------|-----|

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Statistical materials ..... | 138 |
|-----------------------------|-----|

|               |     |
|---------------|-----|
| Summary ..... | 151 |
|---------------|-----|

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИНАНСОВО-КРЕДИТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМНОЙ ДИНАМИКИ

**М.И. Румянцев,**

*и.о. доцента кафедры прикладной математики и информатики Западодонбасского института экономики и управления (Украина)*

Прогнозирование, стратегическое планирование и оперативное управление в финансово-кредитной сфере (прежде всего, банковском секторе) предполагает регулярное моделирование штатных, внештатных и предкритических ситуаций с целью предвосхищения событий и наилучшей адаптации к внешней среде. Поскольку результат функционирования финансово-кредитного учреждения (ФКУ) в виде прибыли является системообразующим фактором (по П.К. Анохину) и должен быть достигнут при любых условиях, возникает вопрос учета этих условий в модели с приемлемой точностью и разумной достаточностью. Положение усугубляется тем, что ФКУ относится к классу очень сложных, вероятностных и саморегулирующихся систем (согласно классификации Стаффорда Бира [3. С. 33–36]) с большим количеством обратных связей (см., например, [3. С. 53–56, 222–225]). Со временем число и сложность связей возрастают – при расширении филиальной сети ФКУ, продвижении на рынок банковских услуг новых продуктов и т. п. С другой стороны, ФКУ представимо как нестационарная конечномерная система с непрерывным временем (по Калману) [12], поскольку реальные экономические процессы протекают в непрерывно изменяющемся времени (которое является параметром соответствующих моделей). Необходимость явного учета фактора времени определяется наличием инфляционных процессов и обесцениванием денег по истечении некоторого срока.

Серьезность проблемы способствовала появлению в последние годы работ, посвященных рассмотрению экономических (в том числе банковских) объектов как сложных динамических систем. Исследователи из Беларуси, России, Ук-

раины, других постсоветских государств решили многие частные задачи, связанные с оптимизацией динамики размещения активов, выработкой оптимальной инвестиционной политики и т. п. При этом используются, в частности, обыкновенные дифференциальные уравнения, стохастические дифференциальные уравнения, другие аналогичные инструменты.

Так, О. Васюренко и Г. Азаренкова [4] отмечают, что сложность моделирования финансовой деятельности коммерческого банка (КБ) связана с тем, что он является системой, в которой происходят как случайные, так и детерминированные процессы, тесно взаимосвязанные, причем на фоне субъективных управленческих решений. В силу этого указанные авторы выделяют комплекс методов для исследования разных аспектов банковского менеджмента: балансовые, оптимизационные, имитационные, вероятностные, статистические, методы теории игр и т. д. (приводя в том числе и модель банка как сложной динамической системы в трактовке математической теории систем Р. Калмана и П. Фалба, относящейся к 60-м годам прошлого века). Однако, на наш взгляд, использование авторами для построения обобщенной модели финансовых потоков КБ методов тензорной алгебры оставляет открытым вопрос о применимости столь сложного аппарата в практической деятельности, но открывает перспективы для создания высокоуровневых теоретических моделей.

В свою очередь, И.В. Волошин в [5] и прочих работах выделяет среди динамических моделей банка модели динамики балансовых остатков и модели динамики денежных потоков (оборотов), уделяя большое внимание потоковым непрерывным моделям.

Полученные им дифференциальные уравнения в частных производных для описания движения денежных средств банка могут быть практически применены для банков, имеющих консолидированную по всем структурным подразделениям базу данных (как отмечает сам автор). К сожалению, наличие такой базы гарантируется далеко не всеми моделями обслуживания в Системе электронных платежей Нацбанка Украины. Консолидированные базы и электронные архивы документов коммерческих банков потребуются для анализа и в условиях существования белорусской Автоматизированной системы межбанковских расчетов (АС МБР) [13].

Со своей стороны, Д.В. Осипенко оттачивается в исследованиях [11] от постулата о КБ как совокупности трех взаимосвязанных контуров – кредитного, депозитного и внутреннего потребления (таким образом учитывая в своей модели только основные виды банковских операций в агрегированном виде). Обращение средств в каждом контуре он также, как и И.В. Волошин, описывает дифференциальным уравнением – но уже с учетом ограничений (фактически описывая динамику состояния системы как суммы средств на корсчете и в кассе). Соответственно, управление рассматривается в упрощенном (линеаризованном) виде как управление процентными ставками по кредитам и депозитам, что в реальных бизнес-ситуациях приводит к необходимости имитационного моделирования для лиц, принимающих решения. Преимущества такой сравнительно простой модели сводятся на нет тем обстоятельством, что реальные финансовые модели нелинейны – как отмечал еще в 1971 г. Т. Нейлор (соавтор эконометрической модели денежного обращения США Боттона-Нейлора).

Следует отметить и один общий недостаток многих моделей финансово-кредитной деятельности – непроработанность вопросов оценки адекватности моделей. В оправдание можно сказать, что в практике имитационного моделирования сложных экономических систем возможно и допустимо нарушение математической строгости описания системы в целом, поскольку ее подсистемы могут быть описаны с помощью различных математических методов (с разными критериями применимости и точности). Таким

образом, не существует и не должно быть стандартов де-юре на моделирование – все виды моделирования и их сочетания могут быть полезны каждый по-своему (то ли в практической деятельности, то ли в учебном процессе). «Математическое описание мира основано на тонкой игре непрерывного и дискретного» [2. С. 4] – поэтому наиболее продуктивны те подходы к моделированию, которые сочетают преимущества и дискретных, и непрерывных моделей (в том числе использующих дифференциальные уравнения).

Анализ результатов западных (прежде всего американских) исследователей свидетельствует о том, что уже 50 лет одним из наиболее продуктивных методов имитационного моделирования сложных экономических систем является системная динамика [19] (первая статья – 1958 г.). Ее основоположник Джей Форрестер указывал, что системная динамика – это комбинация *теории, методов и философии*, необходимых для анализа поведения систем самого разного вида (в том числе экономических и социотехнических). Это не просто гибкий инструмент для описания бизнес-логики, информационных потоков и взаимодействий на предприятии или в организации, это мощное средство для *enterprise designer'a*, а не *enterprise operator'a* (по выражению Форрестера). И это несмотря на то, что математическим аппаратом системной динамики являются дифференциальные уравнения, не входящие в повседневный арсенал отечественных финансистов-практиков. В СССР попытка применить методы аналогового моделирования (на базе все тех же дифференциальных уравнений) к исследованию экономических объектов относится к 60-м годам (акад. В.А. Трапезников и его ученики; цит. по [10]).

Многие математические модели, опирающиеся на идеи системной динамики, воплощены и в программных продуктах для ЭВМ. Примерами практических разработок (пусть и не совсем «100%-но» системно-динамических) являются: реализованная в среде AnyLogic 4.1 имитационная модель КБ ([5]); группа потоковых моделей, полученных с помощью iTHINK ([7]) и др., обеспечивающих эффективное планирование финансовых и биржевых операций, инвестиционных проектов и т. п.

### Постановка задачи

Как указал в монографии А.Р. Горбунов, «Деятельность коммерческого банка заключается в «преобразовании» потока привлеченных капиталов в поток активных операций. В соответствии с этим общим планом строятся и наиболее доступные и очевидные имитационные модели банков» [7. С. 174]. Таким образом, системно-динамическая модель ФКУ должна отражать типичные для финансово-кредитной деятельности положительные и отрицательные *обратные связи*, увязывающие между собой следующие фонды (в терминологии Форрестера): *депозиты; межбанковские поступления; прочие поступления*, с одной стороны, и *кредиты; инвестиции; прочие вложения* – с другой (по всему технологическому маршруту преобразования пассивов в активы). В рамках данного подхода и с учетом предшествующих работ автора [14; 15; 16] цель настоящего исследования определяется как построение «эскизной» высокоуровневой модели ФКУ средствами системной динамики.

### Методы решения и результаты

Поведение (развитие во времени) ФКУ определяется прежде всего его информационно-логической структурой, отражающей как технологические аспекты бизнес-процессов, так и корпоративную политику и традиции (прямо или косвенно определяющие процесс принятия управленческих решений). В первую очередь это касается трансформации финансовых потоков внутри ФКУ.

Как следствие, процесс моделирования указанной трансформации требует от аналитика выполнения следующих шагов:

а) разработать структурную схему ФКУ, включающую важнейшие *источники усиления и запаздывания* темпов соответствующих потоков на входе/выходе вместе с информационными *обратными связями*;

б) выявить основные *ресурсные потоки* [17] рабочей силы (персонала ФКУ), денежных средств (в разрезе активов и пассивов), заявок клиентов на услуги ФКУ, технологического оборудования и материалов (средства вычислительной техники и телекоммуникаций, банковское и офисное оборудование и т. п.), а также сопутствующие им информационные потоки;

в) формализовать управленческие связи в виде систем дифференциальных уравнений с помощью категорий (*фонд; поток*), как того требует методология системной динамики.

Ссылаясь на наши более ранние работы [15; 16], можно сказать, что организационная структура ФКУ вкупе с запаздываниями управленческих решений и действий, а также правила, регулирующие поступление и использование ресурсов, могут быть формализованы в укрупненном виде с помощью некоей алгебраической конструкции, гомоморфной моделируемой системе относительно набора определенных на ней предикатов. При этом ФКУ может быть охарактеризовано в любой момент времени  $t$  с помощью некоторого интегрированного показателя результативности  $D(t)$ , понимаемого как состояние КБ в  $k \cdot n$ -мерном финансовом пространстве  $D^{k \cdot n}$  (где  $k$  – число учитываемых экономических показателей,  $n$  – количество территориально-обособленных подразделений банка). Таким образом, в процессе настоящего исследования основной акцент делается на достаточно высокий уровень абстрагирования: совокупность фазовых переменных (фондов) + время образуют пространство, в котором реализуется фазовая траектория ФКУ (потоки в динамике).

Рассмотрим модифицированную применительно к ФКУ «каноническую» модель Форрестера для предприятия [17]. Краеугольный камень наших рассуждений – тезис Форрестера о балансе КБ: «Банковский баланс – системный уровень; он возникает вследствие накопления «чистой» разницы между денежными потоками «в» и «из». В финансовых отчетах переменные уровни – это те, которые находятся на балансовой «простыне», тогда как прибыль или убыток представляют собой системные темпы» [18. С. 53]. Соответственно, можно выделить следующие агрегированные *фонды (уровни)*, характеризующие финансовые, материальные и людские ресурсы ФКУ: персонал; клиентская база (в совокупности с потребностями клиентов в услугах, предоставляемых ФКУ); активы ФКУ; пассивы ФКУ; необходимое технологическое оборудование, здания и сооружения; информационные ресурсы ФКУ.

Для каждого из перечисленных фондов можно указать сопутствующие им *потоки*,

например: рост численности персонала ФКУ (расширение штата и т. п.); сокращение численности персонала ФКУ (увольнение по собственному желанию; увольнение по инициативе администрации; сокращение штатов; смерть работника); перемещение персонала внутри ФКУ (перевод на другую должность или в другое подразделение); увеличение численности клиентов-физических лиц (первичное обращение в ФКУ; переход на обслуживание из другого ФКУ); уменьшение численности клиентов-физических лиц (расторжение договорных отношений и категорический отказ от услуг любого ФКУ; переход на обслуживание в другое ФКУ в том же населенном пункте; переезд на другое место жительства; смерть клиента); рост численности клиентов-юридических лиц; снижение численности клиентов-юридических лиц; поступление средств от клиентов-физических лиц; поступление средств от клиентов-юридических лиц; доходы ФКУ от индивидуального бизнеса; доходы ФКУ от корпоративного бизнеса; прочие доходы; расходы на общекорпоративные нужды и т. п.

Далее, с учетом специфики денежного оборота в Украине можно выделить *финансовые потоки* для учреждений КБ (без учета карточных проектов и Интернет-банкинга):

а) *входные*: поступление кредитов от Нацбанка; поступление кредитов от других отечественных КБ; поступление кредитов от иностранных финансовых институтов; депозитное поступление свободных средств от физических лиц; поступление средств на расчетные счета юридических лиц (клиентов данного КБ); погашение кредитов, предоставленных физическим и юридическим лицам; возврат кредитов, предоставленных другим банкам; доходы от операций с ценными бумагами; поступление от комиссионных операций банка;

б) *выходные*: возврат кредитов Нацбанка; возврат кредитов, полученных от других отечественных банков; возврат кредитов иностранным банкам; размещение свободного банковского капитала за границей; кредитование физических и юридических лиц (своих и чужих клиентов); уплата процентов по депозитным счетам клиентов; уплата комиссионных за пользование остатками на расчетных счетах юридических лиц; резервирование в Нацбанке; уплата налогов в бюджет.

Для расчета динамических характеристик ФКУ-системы необходимо знать характер и величину запаздываний в потоках ресурсов и управленческих воздействий на систему. Запаздывания обусловлены как особенностями финансовых технологий и документооборота в ФКУ, так и рядом социально-психологических факторов (касающихся и сотрудников, и клиентов ФКУ). В предположении, что процесс «производства» некоей единицы «финансовой продукции» (метаоперация по [15]) состоит из  $q$  различных элементарных операций, себестоимость выполнения метаоперации является дискретной функцией времени выполнения этих операций и может быть выражена в матричной форме. Размерность матрицы  $D$  временных параметров модели составляет  $q \cdot (k_1 + k_2)$ ,

где  $q$  – число строк в матрице (число метаопераций);

$k_1 + k_2$  – количество столбцов матрицы, каждый из которых закреплен за конкретным видом затрат времени;

$k_1$  – количество соответствующих элементарных операций, выполняемых персоналом ФКУ;

$k_2$  – количество различных запаздываний, внешних по отношению к ФКУ.

В таком случае значением элемента  $d_{ij}$  матрицы  $D$  является величина  $j$ -го вида затрат времени для  $i$ -го типа технологического процесса (метаоперации). В общем случае в системе, кроме источников запаздывания, могут присутствовать и источники усиления (по Форрестеру), т. е. теоретически могут существовать  $d_{ij} < 0$ ; значения элементов  $d_{ij}$ , строго говоря, могут колебаться вокруг неких усредненных величин (возрастая, к примеру, в дни массовых налоговых платежей юридических лиц).

Исходя из сказанного общее время, затраченное на изготовление единицы «финансовой продукции» (с учетом всех задержек и усиления), можно выразить следующим образом:

$$d = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^{k_1+k_2} d_{ij}.$$

Подобным образом можно ввести матрицу  $V$  стоимостных параметров модели (той же размерности и структуры, что и матрица  $D$ , – с учетом того, что значением элемента



$v_{ij}$  матрицы  $V$  является стоимость единицы времени по  $j$ -му виду элементарной операции или внешней задержки для  $i$ -го типа технологического процесса). Тогда выражение для себестоимости производства единицы «финансовой продукции» (с учетом всех этапов – как собственно выполнения операций, так и непроизводительных потерь времени) будет выглядеть так:

$$v = \sum_{i=1}^q \sum_{j=1}^{k_1+k_2} d_{ij} \cdot v_{ij}.$$

Элементы матрицы  $D$  отражают реальные задержки во времени, происходящие в процессе оказания любой финансово-кредитной услуги: оформления кредитных или депозитных договоров, выдачи наличных по чеку, инкассирования, проведения клиентских платежей по межбанку и т. п. Определенные запаздывания имеют место и для потоков между различными ФКУ, а также подразделениями одного и того же ФКУ, поскольку даже наличие корпоративных сетей, электронной почты Нацбанка и Системы электронных платежей НБУ не может полностью устранить все непроизводительные запаздывания в ФКУ-системе.

Если задать для каждого фонда и его потоков соответствующие входные и промежуточные переменные, можно приступить к параметризации имитационной модели ФКУ – составлению *уравнений темпов*, структура которых описывается информационной сетью потоковой диаграммы. Темпы потоков отражают динамику изменения фондов, а сведения о фондах являются входными величинами в уравнениях темпов: «Уравнения темпов представляют собой формулировки линии поведения системы» [17]. Это позволяет формализовать цепи обратных связей, присутствующих в ФКУ.

В качестве примера попытаемся выявить обратные связи, специфические для КБ. Сначала определим те выходные индикаторы КБ как системы, которые четко и недвусмысленно позволяют оценивать его успешность. Согласно [8], оценивание прибыльности осуществляется при помощи совокупности следующих показателей: прибыльности банковских активов  $ROA$ , прибыльности акционерного капитала  $ROE$ , процентной маржи  $SPRED$ . Нетрудно заметить, что участни-

ками положительных обратных цепей для прибыли являются процентные доходы и объем активов, а отрицательных – процентные расходы и объем пассивов.

Классифицируем сформулированные М.И. Савлуком в [8] зависимости объемов предложения денежных средств банковскими учреждениями как положительные и отрицательные обратные связи. В простейшем случае в качестве обратной связи может выступать факт фиксации успеха или неудачи в выполнении задач ФКУ. Мы же будем использовать более сложные критерии отнесения зависимостей к положительным или отрицательным обратным связям (ПОС и ООС соответственно). Согласно Н. Винеру, ПОС способствуют развитию системы, а ООС направлены на ее стабилизацию. По Форрестеру, цепь ПОС – это отклоняющая цепь, выводящая систему из некоторой точки неустойчивого равновесия; цепь ООС – это цепь поиска цели, приближающая поведение системы в направлении некоторой цели.

Оперируя приведенными критериями, укажем *положительные* обратные связи для КБ: процентная ставка по кредитам → объем предложения денег (возрастание ставки может увеличивать предложение денег благодаря кредитам рефинансирования); процентная ставка по депозитам до востребования → объем предложения денег (возрастание процентной ставки увеличивает объем дешевых «коротких» денег); степень «тенизации» → объем наличности в обороте (чем выше уровень «теневого» экономики, тем больше внебанковский оборот наличности); уровень доверия к банкам → объем предложения денег (низкое доверие вызывает сокращение кредитования для усиления ликвидности на случай оттока вкладов, и наоборот).

*Отрицательные* обратные связи: норма резервирования → объем предложения денег (чем ниже норма резервирования, тем больше объем предложения денег); учетная ставка Нацбанка → объем предложения денег (чем выше учетная ставка, тем меньше остатки на коррсчетах банков и их кредитные возможности); процентная ставка по кредитам → спрос на кредиты (возрастание ставки снижает спрос на банковские кредиты); степень богатства субъектов экономики → объем депозитов (чем

беднее субъекты, тем большая часть их денег находится в виде наличности); степень «тенизации» → объем депозитов («тенизация» снижает поступления денег на депозитные счета).

После выделения цепей ПОС и ООС процессы, протекающие в системе управления банком, могут быть описаны с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) с определенными начальными условиями (примеры не из финансово-кредитной сферы, см. [10. С. 304–311]). Применение аппарата ОДУ облегчает поиск потенциальных «узких мест» в системе посредством анализа соотношения скоростей (интенсивностей) обслуживания и поступления заявок на банковские услуги.

(В данной работе мы сознательно избегаем анализа фактора хаотичности в банковской сфере и возникающих вследствие этого бифуркационных «вилок» [2] – пользуясь тем, что неоднородность фазового пространства дает возможность выделить области, в которых поведение ФКУ-системы более-менее правдоподобно описывается с помощью динамической модели, а в остальных областях – с привлечением вероятностных методов. Математическая сторона такого подхода подробно рассмотрена в [9] и может быть интересной для будущих исследований, например для изучения надсистемы (*клиенты; банк; супербанк*) в рамках модели Розенцвейга–Макартура трехзвенной пищевой цепи. С другой стороны, В.И. Арнольд, свидетельствуя о том, что теория Пуанкаре–Андронova о потере устойчивости состояния равновесия имеет очень много приложений, отмечает, что и «экономические системы теряют устойчивость на каждом шагу» [2. С. 27]. Иными словами, в скачкообразном изменении штатного режима системы в ответ на плавное изменение внешних условий можно усмотреть определенные аналогии форрестеровских усилений и задержок.)

Максимально обобщенные уравнения модели должны охватывать все фазы эволюции структуры ФКУ-системы и изменения режима взаимодействия с внешней средой (в первую очередь, изменения свойств пограничного слоя системы – подсистемы front-office). Это нужно для того, чтобы заблаговременно смоделировать типичные для КБ ситуации с избыточным привлечением де-

шевых ресурсов (депозитов физических лиц) или повышением тарифов на услуги банка до «предела терпимости», тем более что результаты ряда математических исследований способны охладить пыл банковского топ-менеджмента: «К катастрофической потере устойчивости могут приводить оптимизация и интенсификация» [2. С. 98].

В рамках нашего подхода приведем фрагмент системно-динамической модели, а именно попытаемся описать **продвижение семейства банковских продуктов среди определенных категорий клиентов** (в предположении, что это случайный процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем). Учитывая, что: а) для непрерывных марковских цепей при условии пуассоновского потока событий плотности вероятностей перехода представляют собой интенсивности потоков событий; б) если число состояний системы конечно (пусть и очень велико), то при допущении постоянства интенсивности потока событий при  $t \rightarrow \infty$  устанавливается некоторый предельный стационарный режим [1]; в) элементы системы однородны (в пределах определенной категории клиентов) – можно для формализации математической модели воспользоваться уравнениями Колмогорова [1. С. 315]. Применение в данном случае уравнений Колмогорова, на наш взгляд, является шагом на пути достижения компромисса между дискретностью состояний КБ как системы массового обслуживания и непрерывностью операционного времени банка. Попутно становится возможным учесть воздействие объектов моделирования на входной поток заявок (т. е. прекращение обслуживания клиентов в период перегрузки персонала или невыполнения установленных показателей по продукту). Дополнительные достоинства такого подхода – относительная простота модели (система уравнений легко записывается непосредственно на основе размеченного графа состояний КБ-системы), а также возможность объединения в одной модели как специализированных центров обслуживания заявок, так и рабочей нагрузки.

Итак, пусть клиентская база физических лиц состоит из  $N$  однородных элементов (клиентов);  $\varepsilon_i$  – состояние элемента (заключен депозитный договор, выплачены про-

центы, выплачен полностью вклад, договор пролонгирован и т. п.);  $\delta$  – интенсивность пополнения состояния  $\varepsilon_0$  (заключение договора, хронологически первого для нового клиента);  $m_i$  – матожидание числа элементов, находящихся в состоянии  $\varepsilon_i$ ;  $\lambda_{ij}$  – интенсивности потоков клиентов для перехода  $\varepsilon_i \rightarrow \varepsilon_j$ ; нормирующее условие – сумма матожиданий  $m_i$  равна  $N$ . Тогда можно записать систему уравнений вида:

$$\frac{dm_i}{dt} = -\sum_{k \in K} m_i \lambda_{ik} + \sum_{l \in L} m_l \lambda_{li}$$

( $K$  – множество состояний, в которых есть переходы из  $m_i$ ;  $L$  – множество состояний, из которых есть переходы в  $m_i$ ; в правой части уравнения для состояния  $m_0$  должна дополнительно присутствовать величина  $\delta$ ). Исходные данные для первичной оценки интенсивностей потоков клиентов и матожиданий могут быть получены на основании хронометража работы отдела частных вкладов конкретного учреждения КБ (на протяжении 1–2 недель) и соответствующих документов дня (либо программно из баз данных комплекса «Операционный день банка») – разумеется, при понимании и сотрудничестве со стороны КБ. Очевидно, что программная выборка необходимой информации из оперативных баз ОДБ более эффективна как по времени, так и по трудозатратам (составить и выполнить несколько SQL-запросов в разрезе видов договоров и типов расчетно-кассовых операций гораздо проще, нежели отыскивать нужные листы и строки в подшивке документов дня).

Заметим, что в реальной практике перенос внимания на еще не охваченные категории клиентов и сосредоточение на них усилий банковского персонала происходит с ощутимыми задержками вследствие запаздывания поступления информации об актуальном состоянии клиентского сектора. При этом и сами клиенты отнюдь не являются пассивными объектами воздействия со стороны КБ, напротив, они оказывают активное «противодействие», оценивая и выбирая банк. Таким образом, возникает необходимость во внесении поправок на перераспределение ресурсов КБ и «сопротивление» потенциальных клиентов (например, применяя методы [1. С. 324–325]).

Реализация системно-динамической модели ФКУ как совокупности систем массового обслуживания (подобно только что рассмотренной) с помощью компьютерной системы имитационного моделирования (Vensim, GPSS World и т. п.) позволяет быстро обнаружить текущие и потенциальные «узкие места» технологических процессов и заранее, до проявления негативных тенденций, соответствующим образом реконфигурировать ФКУ-систему. Практическая реализация предложенного подхода в рамках системы моделирования GPSS World (в том числе с визуализацией результатов моделирования с помощью так называемых PLUS-процедур) является предметом следующего этапа наших исследований.

\* \* \*

Высокоэффективное управление пассивами и активами КБ, планирование крупномасштабных и протяженных во времени инвестиционных проектов требует в современных условиях надежных аналитических методик. Использование результатов имитационного моделирования – весьма перспективное и обширное направление в банковском менеджменте. Обоснованный выбор и умелое использование имитационного инструментария облегчают рационализацию организационной структуры КБ, технологических маршрутов выполнения банковских операций и сопутствующих информационных потоков, обеспечивая рост прибыли при снижении потребности в материальных, финансовых и людских ресурсах. Применение средств и методов системной динамики позволяет, помимо получения адекватной характеристики текущей деятельности ФКУ, перейти впоследствии к выявлению путей усовершенствования методов управления для обеспечения успеха хозяйственной деятельности (т. е. приближения к желаемой величине критерия эффективности). Использование такого инструмента лицами, принимающими решения, способствуя лучшему пониманию скрытых причин проблем банка, дает возможность быстрее и точнее локализовать источники сбоя, провести «точечную» ликвидацию избыточных либо непродуктивных звеньев ФКУ, а также «дозированную» коррекцию бизнес-логики.

В свете вышесказанного научная новизна авторского подхода заключается в том, что предложен гибридный метод формального построения моделей ФКУ на основе сочетания идеологии системной динамики, теории массового обслуживания и аппарата ОДУ (уравнений Колмогорова).

Говоря о рекомендациях по использованию в практической деятельности результатов приведенного исследования, можно указать на возможность их применения:

- для оптимизации численности и расстановки персонала территориально-обособленных безбалансовых отделений КБ;
- с целью модернизации инфраструктуры КБ (АТМ-сети, сети POS-терминалов и т. п.);
- при агрегировании первичной (оперативной) информации для процедур планирования и прогнозирования;
- во время проведения деловых игр для стажировки кандидатов на вакантные должности в КБ;
- при организации тренингов студентов-финансистов в рамках учебного банка-полигона;
- на подготовительном этапе в ходе комплексной автоматизации банка.

При этом рост эффективности деятельности КБ предполагается как в тактическом, так и в стратегическом отношении: на первом этапе он заключается в снижении операционных издержек; последующие улучшения направлены на постепенный переход к структуре «безлюдный front-office» на основе интеллектуальных АТМ (в комплексе с другими мероприятиями).

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Абчук В.А., Матвейчук Ф.А., Томашевский Л.П.* Справочник по исследованию операций / Под общ. ред. Ф.А. Матвейчука. М.: Воениздат, 1979.
2. *Ариольд В.И.* Теория катастроф. Изд. 4-е, стереотипное. М.: Едиториал УРСС, 2004.
3. *Бир Ст.* Кибернетика и менеджмент: Пер. с англ. / Под ред. А.Б. Челюсткина. Изд. 2-е. М.: КомКнига, 2006.
4. *Васюренко О., Азаренкова Г.* Математичні методи і моделі у сфері аналізу та управління банківською діяльністю // Вісник Національного банку України. 2003. № 8.
5. *Виниченко И.Н.* Практический опыт имитационного моделирования в банке // Банковские технологии. 2003. № 2.

6. *Волошин І.* Динамічна модель грошових потоків ідеального процентного банку // Банківська справа. 2007. № 2.

7. *Горбунов А.Р.* Управление финансовыми потоками. Проект «сборка холдинга». Изд. 5-е, доп. и перераб. М.: Глобус, 2004.

8. *Гроші та кредит:* Підручник / За заг. ред. М.І. Савлука. К.: КНЕУ, 2001.

9. *Зульпукаров М.-Г. М.* Новые детерминированно-вероятностные алгоритмы и модели нелинейной динамики: автореф. дис... канд. физ.-мат. наук: (05.13.18) / Зульпукаров М.-Г. М.; Ин-т прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. М., 2007.

10. *Кобелев Н.Б.* Основы имитационного моделирования сложных экономических систем: Учеб. пособие. М.: Дело, 2003.

11. *Осипенко Д.В.* Динамічна модель комерційного банку // Фінанси України. 2005. № 11.

12. *Парийская Е.Ю.* Сравнительный анализ математических моделей и подходов к моделированию и анализу непрерывно-дискретных систем // Электронный журнал «Дифференциальные уравнения и процессы управления». 1997. № 1. Режим доступа: <http://www.neva.ru/journal>

13. *Пищик И.А.* О состоянии и перспективах развития Автоматизированной системы межбанковских расчетов // Банкаўскі веснік. 2007. № 5.

14. *Румянцев М.И.* Финансово-кредитное учреждение с точки зрения системной динамики / / Матеріали Всеукраїнської наук.-прак. конф. «Проблеми інформаційного та статистичного забезпечення управління економікою»: Дніпропетровськ, ДНУ, 31 жовтня – 1 листопада 2005 р. Дніпропетровськ: Пороги, 2005.

15. *Румянцев М.И.* Об одной концепции построения математической модели коммерческого банка // Информационные технологии моделирования и управления. 2006. № 3(28).

16. *Румянцев М.И.* Опыт использования теоретико-множественного аппарата для построения моделей экономических систем // Современные проблемы информатизации в непроизводственной сфере и экономике: Сб. трудов. Вып. 12 / Под ред. д.т.н., проф. О.Я. Кравца. Воронеж: Научная книга, 2007.

17. *Форрестер Дж.* Основы кибернетики предприятия (индустриальная динамика) / Пер. с англ. М.: Прогресс, 1971.

18. *Форрестер Дж.* Мировая динамика / Пер. с англ. М.: ООО «Изд-во АСТ»; СПб.: Terra Fantastica, 2003.

19. *Forrester J.W.* System dynamics and the lessons of 35 years. – Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, MA. April 29, 1991.

